

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) Химическая технология природных
энергосистем и углеродных материалов

Кафедра – Химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Определение содержания и состава углеводов в чистых и нефтезагрязненных воде и торфе на Малоичском нефтяном месторождении

УДК 553.982:504.5(571.14)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗБ	Переседова Александра Валерьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Дучко М.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Раденков Т.А			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой ХТТ и ХК	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017

Запланированные результаты

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов сепарации.
P2	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке.
P3	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P4	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) Химическая технология природных
энергоносителей и углеродных материалов

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Юрьев Е. М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ДЗБ	Переседова Александра Валерьевна

Тема работы:

**Определение содержания и состава углеводов в чистых и нефтезагрязненных воде и
торфе на Малоичском нефтяном месторождении**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

31.01.2017 г., № 2424/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25 мая 2017 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования;
производительность или нагрузка; режим работы
(непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид
сырья или материал изделия; требования к продукту,
изделию или процессу; особые требования к особенностям
функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в
плане безопасности эксплуатации, влияния на
окружающую среду, энергозатратам; экономический
анализ и т. д.).*

**Объекты исследования: нефть Малоичского
нефтяного месторождения, а также торф и вода
реки Малая Ича до и после разлива нефти.**

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Введение: актуальность исследования нефтезагрязненных почв и поверхностных вод. 2) Аналитический обзор: нефтезагрязнение окружающей среды, групповой состав нефти, полициклоароматические углеводороды, метод ИК-спектроскопии, метод газовой хроматографии-масс спектроскопии. 3) Экспериментальная часть: экстракция образцов воды и торфа, проведение анализов методами ИК-спектроскопии и газовой хроматографии-масс спектроскопии, обработка ИК-спектров и хроматограмм. 4) Результаты и их обсуждение. 5) Заключение. 6) Список используемой литературы.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Результаты исследований (таблицы, графики).</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент кафедры менеджмента</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Раденков Т.А., ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>_____</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06 февраля 2017 г.
--	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Дучко М.А.			06.02.2017 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗБ	Переседова Александра Валерьевна		06.02.2017 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 100 страниц, в том числе 21 рисунок, 31 таблицу, 63 источника библиографии.

Ключевые слова: нефть, торф, вода, н-алканы, полициклоароматические углеводороды, газовая хромато-масс-спектрометрия.

Объекты исследования: нефть Малоичского нефтяного месторождения, а также торф и вода реки Малая Ича до и после разлива нефти.

Цель работы: определение содержания и состава углеводородов в чистых и нефтезагрязненных воде и торфе.

Область применения: полученные результаты могут использоваться для исследования нефтезагрязнений с целью их последующей ликвидации на нефтедобывающем промысле.

Экономическая эффективность работы: проблема физико-химических исследований нефтезагрязнений очень актуальна на сегодняшний день.

Потенциальными потребителями результатов этого исследования являются химические предприятия, расположенные на территории Российской Федерации.

В будущем планируется проанализировать состав торфа и воды других месторождений для разработки наиболее эффективных методов ликвидации нефтезагрязнения.

Оглавление

Введение	9
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Загрязнение нефтепродуктами и нефтью почв	11
1.2 Загрязнение воды нефтепродуктами.	14
1.3 н-Алканы нефти	15
1.4 Полициклоароматические углеводороды.	16
1.5 Методы очистки почвы от нефтезагрязнений.....	19
1.6 Газовая хромато-масс-спектрометрия	22
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	30
2.1 Характеристика объектов исследования.....	30
2.2 Методы исследования	31
2.2.1 Определение суммарного содержания углеводородов в воде и торфяных отложениях методом ИК-спектрометрии	31
2.2.2 Определение группового и индивидуального состава органических соединений методом хромато-масс спектрометрии.....	34
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	37
3.1 Предпроектный анализ	37
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	37
3.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	38
3.1.3. SWOT-анализ.....	39
3.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	43
3.2. Инициация проекта	44
3.2.1. Организационная структура проекта	45
3.2.2. Ограничения и допущения проекта.	46
3.3. Планирование управления научно-техническим проектом	46
3.3.1. План проекта.....	46
3.3.2. Бюджет научного исследования	48

3.3.3. Организационная структура проекта	54
3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	55
3.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	55

Список использованных сокращений

УВ	углеводороды
ПАВ	поверхностно-активные вещества
ГХ-МС	газовая хромато - масс-спектрометрия
ПАУ	полициклоароматические углеводороды
ММР	молекулярно-массовое распределение

Введение

Негативное воздействие нефтепродуктов и нефти в целом на окружающую среду – одна из главных экологических проблем в современном мире, которая приводит к загрязнению атмосферы, подземных и поверхностных вод, изменению состава почв [1].

Нефтяные разливы в окружающую среду и сопутствующее загрязнение – острейшая проблема во многих нефтедобывающих регионах России. Отрицательное воздействие нефтепромысла вызывает как воздействие нефтезагрязненных компонентов почвы на соседние среды, из-за чего продукты трансформации нефти попадают в различные объекты биосферы, так и непосредственную деградацию почвенного покрова на участках нефтезагрязнениях [2].

Нефть – это жидкий природный энергоноситель, который состоит из высокомолекулярных углеводородов разного строения, азот- и серосодержащих соединений. В качестве характеристик основного состава нефти приняты содержание метановых углеводородов (учитывая твердые парафины), легких фракций (начало кипения 50°C), циклических углеводородов, асфальтенов, серосодержащих соединений и смол.

Находясь в водной, почвенной или воздушной среде, легкие фракции нефти, как самые подвижные, оказывают наибольшее отравляющее влияние на живые организмы. Легкие фракции перемещаются по водоносным горизонтам и почвенному составу, сильно расширяя радиус первичного загрязнения. Токсичное воздействие нефти снижается, при сокращении содержания в нефти легкой фракции, но возрастает отравляющее воздействие ароматических соединений, содержание которых увеличивается [3].

В связи с этим, одной из первостепенных задач является поиск эффективных методов очистки водоемов нефти и почв от нефтепродуктов, нефти в целом и других отравляющих органических соединений [4].

Цель данной работы: определение содержания и состава углеводородов в чистых и нефтезагрязненных воде и торфе.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать состав органических соединений в воде и торфе методом ИК-спектроскопии;
2. Определить содержание и состав н-алканов и ПАУ в нефти, воде и торфе методом газовой хромато-масс-спектрометрии;
3. Выявить влияние нефтяного загрязнения на содержание и состав углеводородов в воде и торфе.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Загрязнение нефтепродуктами и нефтью почв

Загрязнение нефтепродуктами влияет на весь комплекс свойств почвы, которые определяют ее экологические и плодотворные функции – это физические, физико-химические, морфологические и биохимические свойства. При загрязнении нефтепродуктами, изменение свойств почвы, а также процессы ее перемещения, метаболизма, биоаккумуляции и аккумуляции, зависят от типа почвы, подвергшейся загрязнению, количества и физико-химического состава разлитой нефти, наличия или отсутствия биохимических барьеров, ландшафтных и почвенно-климатических условий, диффузии в почвенном профиле и каналов миграции [5].

При загрязнении нефтепродуктами больше всего подвергаются изменению морфологические признаки почвы. По сравнению с чистыми почвами, загрязненные имеют более темный цвет, обладают большей плотностью, присутствуют радужные и маслянистые пленки, образуется столбчатая структура в профиле почвы.

В загрязненные нефтепродуктами почвах увеличивается количество ржаво-бурых, охристых пятен, примазок, Fe-Mn-пленок[6].

Глубина проникновения нефти в почву зависит от механического состава почвы и свойств нефти.

Изменение физических свойств почвы происходит из-за изменения морфологических признаков. Под влиянием нефтепродуктов возрастает количество водостойких агрегатов, структурных единиц размером больше 10 мм. Происходит увеличение содержания глыбистых частиц, из-за агрегирования почвенных, а содержание агрономических ценных структурных единиц сокращается.

При загрязнении нефтепродуктами изменение физических свойств почвы приводит к нарушению поступления воды, вытеснению воздуха, уменьшению содержания питательных веществ, что вызывает замедление роста и развития растений и их исчезновение.

Почвы, загрязненные нефтью, утрачивают способность удерживать и впитывать влагу. Для них свойственны более низкие показатели водопроницаемости, гигроскопической влажности и влагоемкости, в отличии от незагрязненных почв.

В процессе оценки степени загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, важную роль играют изменение в их гумусном состоянии. Из-за того, что основной элемент, входящий в состав нефти – это углерод, содержание органического вещества в расчете на гумус и общий углерод в загрязненных почвах возрастает за счет углерода нефти.

Вместе с изменением вновь внесенного углерода идет процесс качественного изменения группового состава и битуминозных веществ гумуса. Изменения зависят от органического вещества почвы и физико-химических свойств нефти. Параллельно с увеличением содержания внесенного углерода возрастает отношение С к N. Вместе с этим незначительно изменяется содержание общего азота. Как известно, чем больше соотношение С к N, тем выше вероятность, что органическое вещество подвергнется минерализации. Соединения с величиной соотношения С к N колеблющейся в пределах от 10 до 20 наиболее благоприятны для микробного гидролиза соединений. В зависимости от типа почвы и внесенного углерода соотношение С к N колеблется в пределах от 50 до 400 (420), что вызывает ухудшение азотного режима почв и нарушение корневого питания растений.[7]

Качество нефти и содержание в ней пластовых вод прежде всего влияет на изменение кислотности почвы. При попадании в почву обессоленной и обезвоженной нефти (товарной), кислотность почвы не меняется, независимо от количества нефти. Однако в средне и слабокислых почвах, при сильном загрязнении товарной нефтью, наблюдается незначительное увеличение рН и уменьшение кислотности, что вызвано слабощелочной или нейтральной реакцией. Нефтяное загрязнение в основном ингибирует рост определенных видов почвенных микроорганизмов, однако оно может и стимулировать их

рост. Из чего можно сделать вывод, что нефтяное загрязнение воздействует на почвенные микроорганизмы неоднозначно [8].

Исследования, проводившиеся в разных биоклиматических зонах, показали, что в нефтяном пятне (загрязнении) возрастает активность и численность углеводородокисляющих микроорганизмов, которые являются первым этапом метаболизма углеводов.

Из-за образования нефтяного слоя вокруг почвенных агрегатов снижается концентрация кислорода. В результате снижения доступа кислорода увеличивается развитие анаэробных организмов и существенно затормаживается развитие аэробной микрофлоры (грибы). Причиной, вызывающей анаэробнозис, может являться резко увеличившееся число углеводородокисляющих микроорганизмов, которые интенсивно потребляют кислород [9].

Сразу после того, как нефть попадает на почву, начинается ее окисление, которое подразделяют на три общих этапа: частичное микробиологическое и физико-химическое разложение углеводов (алифатических); микробиологическое разрушение низкомолекулярных структур и образование смолянисоподобных веществ; трансформация образовавшихся веществ в асфальтены, циклические углеводороды и смолы [10]. Весь процесс занимает различное количество времени (от нескольких месяцев до сотни лет), в зависимости от почвенно-климатической зоны [11].

1.2 Загрязнение воды нефтепродуктами.

Нефтепродукты – одни из самых распространенных загрязнителей в поверхностных водах. Как правило, разливы происходят в результате аварий при транспортировке нефти, при добыче и через промышленные и бытовые стоки.

Транспортировка нефти из мест ее добычи всегда сопровождается полями загрязнения на пути следования морских путей в результате аварийных ситуаций и слива танкерами за борт балластных и промывочных вод, что ведет к большим потерям нефтепродукта и загрязнению окружающей среды [12].

При попадании в воду нефть и нефтепродукты могут подвергаться повторной седиментации, ассимиляции морскими организмами, растворению, окислению, испарению и образованию нефтяных агрегатов.

Процессы, которые сопутствуют удалению нефти из воды, на сегодняшний день изучены слабо, однако установлено, что конечную судьбу нефти в воде определяет активность бактерий.

Воздействие нефтезагрязнения на поверхностные воды можно классифицировать по тяжести на пять категорий: непосредственное отравление, сопровождающееся летальным исходом для микроорганизмов, нарушение физиологической активности, прямое покрытие (обволакивание) живого организма нефтепродуктами, тяжелые изменения, в результате внедрения углеводородов в организм и изменения в биологических особенностях среды обитания. Каждый вид воздействия пагубно сказывается на экосистеме поверхностных вод [13].

1.3 н-Алканы нефти

Нефть является сложной многокомпонентной системой. Изучение группового состава нефти позволяет не только исследовать происхождение нефти, но и спрогнозировать дальнейшую добычу нефти, а также максимально эффективно использовать добытое сырье в нефтехимическом производстве.

Нефть состоит из множества элементов, в частности из таких углеродных групп, как алканы (парафины), циклоалканы (нафтены), ароматические углеводороды, или более сложные химические вещества, такие как асфальтены [14]. Каждое нефтяное месторождение имеет свое уникальное сочетание углеводородов, которое определяет его физические и химические свойства.

Алканы обычно находятся в нефти в виде изомеров нормального и разветвленного строения, причем содержание изомеров зависит от типа нефти. В состав нефти могут входить газообразные ($C_1 - C_4$), жидкие ($C_5 - C_{15}$), и твердые ($C_{16} - C_{60}$) парафины [15]. Газообразные алканы обычно содержатся в нефти в растворенном состоянии и в газах нефтяных месторождений. Основную массу природной нефти составляют жидкие углеводороды. Твердые парафины находятся в нефти частично в растворенном, частично в кристаллическом состоянии.

Алканы нефти являются биомаркерами, хранят в себе множество информации о происхождении нефти [16]. Определить тип исходного органического материала, уровень биodeградации, степень зрелости, условия обстановки осадконакопления и влияния эффектов миграции позволяет относительное содержание алканов. Следует отметить, что нефти образованные из наземного органического материала (высшие растения) образуются высокопарафинистые нефти, тогда как из смешанных и морских органических материалов чаще всего образуются циклические компоненты.

1.4 Полициклоароматические углеводороды.

Полициклоароматические углеводороды (ПАУ) – это органические вещества, состоящие в основном из углерода и водорода, которые образуют замещенные или незамещенные бензольные кольца, способные полимеризоваться. Физические свойства этих соединений характеризуются устойчивостью в компонентах среды, особенно в почвах, и высокой способностью к сорбции, низкой растворимостью в воде.

На сегодняшний день существует огромное количество полициклических структур (аммино-, галоген-, нитропроизводные, в том числе хиноны, спирты, кетоны, альдегиды, эфиры и другие ароматические соединения), помимо незамещенных ПАУ, которые содержат функциональную группу в бензольном кольце или в боковой цепи [17].

Незамещенные ПАУ рассматривают как продукт превращения простейших поликонденсированных соединений – дифенила и нафталина. Термическая переработка углеводородного сырья является главной причиной загрязнения атмосферы и других природных сред ПАУ. При пиролизе газа, угля и нефти наблюдается максимальная эмиссия ПАУ [18].

Изучению ПАУ уделяют очень много внимания в вопросах охраны и защиты окружающей среды из-за их высокой токсичности и химической устойчивости. Токсичность в этом вопросе принимается как общее определение, из-за чего принято считать ПАУ химическими трансформерами биосферы. Каждое свойство ПАУ влияет на разные организмы: некоторые свойства влияют на существующие организмы, другие – на будущие поколения.

Другое свойство ПАУ – канцерогенность (один из важных показателей опасности химического вещества). Этим свойством могут обладать различные вещества из разных групп химических соединений: органические – циклические (ароматические) амины, ПАУ, митоксины, И-нитрозосоединения; неорганические – металлы и асбесты [19].

На основе опытов, проводимых над животными, доказано, что канцерогенные ПАУ с сильным бластомогенным эффектом вызывают злокачественные опухоли в короткие сроки. Вещества со слабыми канцерогенными свойствами вызывают опухоли в 20-30% за более длительный срок [20]. Доказательств существования воздействия таких веществ на человека нет, но вещества принято считать потенциально опасными.

ПАУ подвергаются биологической деградации и химическим превращениям почти во всех природных объектах. Химические превращения могут быть такими процессами как взаимодействие с оксидантами; фотоокисление (химическое разложение) – основной путь превращения ПАУ в атмосфере, также имеет место быть в водной среде; и термические реакции. Биологическое разложение ПАУ происходит вследствие их участия в метаболизме животных и растительных организмов, а также микроорганизмов.

Также ПАУ подвергаются выветриванию, вымыванию и другим процессам, которые характерны для почвенных и атмосферных условий, приводящим к удалению ПАУ из одной природной среды и внедрению в другую.

Биологическая деградация – важный путь удаления ПАУ из водной среды. ПАУ – это источник энергии для микроорганизмов, поэтому они играют главную роль в процессах биологического самоочищения водоемов [21]. Например, деградация нефтезагрязнителя нефтеокисляющими бактериями – основной естественный процесс самоочищения Мирового океана от нефтепродуктов.

Деструкция ароматических углеводородов микроорганизмами требует присутствия кислорода, т.е. является анаэробным процессом. На сегодняшний день считается, что процесс дигидроокислирования происходит строго перед расщеплением ароматического ядра. Большая часть микроорганизмов осуществляет процесс расщепления ароматического кольца через образование орго-диоксипроизводных [22].

Фенантрен и антрацен являются пищей для большой части микроорганизмов. Низкомолекулярные аналоги высокоциклических ПАУ, также как и высокоциклические, осуществляют функцию единственного источника углерода для.

Немаловажную роль в процессе разложения ПАУ в водной среде играют и водные растения, которые поглощают и метаболизируют полициклоароматические углеводороды.

Среди ПАУ в продуктах сгорания органического сырья (растительный материал, сланцы, уголь, торф, нефть) часто преобладают незамещенные соединения – пирен, бензипрены, фенантрен, флуорантен, хризен, а относительные содержания их алкилпроизводных сравнительно малы [23].

1.5 Методы очистки почвы от нефтезагрязнений

Для ликвидации нефтезагрязнений используют физико-химические, биологические и механические методы[24].

Физико-химические методы очистки почв включают в себя:

- наиболее часто применяемый метод – это предотвращение возгорания. Данный метод используется в том случае, если возгорание нефтезагрязнения нанесет больший ущерб, нежели загрязнение почвы: если нефтяные разливы произошли на автомагистралях, жилых кварталах, производственных цехах. В таких случаях разлив засыпают сорбентами или сверху изолируют противопожарными пенами[25];
- следующий метод – сжигание. Данным методом может быть уничтожена только две трети разлива, оставшаяся часть адсорбируется почвой. При использовании данного метода продукты неполного окисления нефти и продукты ее возгонки попадают в атмосферу из-за недостаточно высокой температуры. После сжигания верхний слой земли необходимо утилизировать;
- третий метод – промывка верхнего слоя почвы. Данный метод реализуется при помощи специального оборудования – промывных барабанов с ПАВ. Вода после промывки отводится в специальные емкости или в гидроизолированные пруды, где отстаивается и, затем, проходит разделение и очистку[26];
- Метод экстракции растворителями. Для реализации также используются промывные барабаны с летучими растворителями. После завершения процесса остатки растворителей отгоняют с помощью пара;
- Метод сорбции. Для снижения опасности возгорания и поглощения нефтепродуктов почвой, сорбенты используют только при засыпании нефтеразливов на бетоне, утрамбованном грунте или асфальте;
- Метод крекинга или термической десорбции. Позволяет получать ценное сырье (мазутные фракции), но возможен только при наличии дорогостоящего оборудования;

- Последний метод – это химическое капсулирование. Это относительно новый метод, суть которого заключается в трансформации УВ в нетоксическую неподвижную форму.

Механические методы включают в себя:

- откачивание нефтепродуктов в специальные емкости с помощью вакуумных сборщиков или насосов, но этот метод не решает проблему адсорбции нефтепродуктов почвой;
- вывоз почвы для утилизации естественным путем.

Биологические методы очистки включают в себя:

- метод биоремедиации, в котором используются бактерии, которые разлагают нефтезагрязнение[27];
- метод фитомелиорации, при котором используют семена нефтестойких растений (осока, клевера, щавеля). Травы возрождают почвенную микрофлору, что увеличивает скорость рекультивации почв.

На сегодняшний день самый перспективный метод очистки биологических сред от углеводородов, безопасный для экологии – метод биоремедиации, т.е. использование технологий, которые биологически очищают водоемы и почвы от нефти и нефтепродуктов.

Существует два основных подхода биоремедиации: биостимуляция *in situ* и биостимуляция *in vitro*[28].

Первый подход стимулирует рост и размножение природных организмов, которые обитают в загрязненной воде или почве и потенциально способны переработать загрязнитель, но неэффективны из-за неблагоприятных физико-химических условий или недостатка биогенных элементов (соединений калия, фосфора и азота). При таком подходе берут образцы загрязненной почвы и в лабораторных условиях выясняют, какие элементы и какие их количества необходимо добавить в загрязненный участок, чтобы активировать быстрый рост микроорганизмов.

При втором подходе биостимуляция микроорганизмов естественной микрофлоры загрязненного участка проводится в промышленных и

лабораторных условиях (ферменты и биореакторы), при этом достигается избирательный и преимущественный рост тех организмов, которые способны эффективнее остальных переработать загрязнитель. «Простимулированную микрофлору» вносят в загрязненный объект вместе с добавками, которые увеличивают эффективность переработки загрязнителя [29].

Химическая природа (возможные пути трансформации), взаимодействие с другими загрязнителями (взаимное влияние на биотрансформацию и непосредственное взаимодействие) и концентрация – являются главными факторами, которые влияют на разрушение органических загрязнителей.

1.6 Газовая хромато-масс-спектрометрия

Газовая хроматография

Газохроматографический анализ является основным методом для исследования и выявления структуры веществ. Его используют для выявления наркотических средств и определении загрязнений при экологическом мониторинге[30]. Газохроматографический анализ разделяет пробу на несколько компонентов и выводит данные каждого компонента в виде спектрального сигнала. Образец помещается в устройство ввода пробы, где вещество испаряется. Затем прибор разделяет его на отдельные компоненты и анализирует их. Каждому компоненту идеально соответствуют конкретные пики в спектре, которые могут быть записаны на бумажную или электронную хроматограмму. Время, прошедшее между вводом образца и выходом его пика называется временем удерживания. Время удерживания может помочь различить некоторые соединения. Площадь пиков пропорциональна концентрации соответствующих веществ в анализируемом образце. Площадь пика измеряется от базовой линии до его вершины[31].

Смеси химических соединений, присутствующих в образце могут быть разделены на газохроматографической колонке. Некоторые химические и физические характеристики молекул заставляют их проходить через колонку с различной скоростью.

Прибор, который используется для газовой хроматографии включает в себя устройство ввода пробы, которое находится на одном конце металлической колонки, колонку, заполненную материалом подложки. На другом ее конце находится детектор. Газ-носитель переносит исследуемый образец по колонке. Для поддержания постоянного потока газа используются манометры и расходомеры. Чтобы получить достоверные результаты, газ-носитель не должен вступать в реакцию как с образцом, так и с материалом колонки. Поэтому в качестве газа-носителя, обычно используют инертные газы, такие как гелий, аргон или азот и водород. В основном, используется гелий из-

за его инертности, по сравнению с другими газами, однако водород хороший газ-носитель, несмотря на то, что он может прореагировать с образцом, превратив его в другое вещество. Выбор газа-носителя также зависит от типа установленного детектора[32].

Для ввода пробы используют шприц с иглой, который способен точно измерить объем образца. Место ввода пробы покрывает сменная силиконовая или неопреновая перегородка, в которую вставляется игла с пробой. Под действием температуры в устройстве, которая поддерживается на постоянном уровне, образец сразу испаряется. Образец должен образовать пробку, равномерно распределившись по поперечному сечению колонки.

Колонка – это металлическая труба, которая заполнена в большинстве случаев кремнеземом, потому что кремнезем – вещество, которое обеспечивает максимальное разделение. Колонки, полностью готовые для использования, покупаются заранее. Во время движения образца по колонке, каждый компонент, который входит в пробу, по-своему взаимодействует с внутренней поверхностью колонки и ее наполнителем, что характеризуют различные молекулярные характеристики[33]. То есть проба разделяется на отдельные составляющие во время движения по колонке.

Компоненты, которые не вступают во взаимодействие с наполнителем колонки или материалом, из которого она изготовлена, проходят колонку быстрее, чем другие вещества. Эти вещества в конечном итоге вымываются из колонки, но не сразу.

На выходе из колонки в газовом хроматографе устанавливается детектор, который измеряет концентрации прошедших через колонку соединений. Самые часто используемые детекторы: пламенно – ионизационный, ионизации аргона, электронного захвата, по теплопроводности, смешанного типа и пламенно-излучательный. Детектор выбирается в зависимости от его влияния на пробу. Например, детекторы по теплопроводности чувствительны ко всем веществам, пламенные детекторы уничтожают пробу, для детектора ионизации аргона

необходим аргон в качестве газа-носителя[34]. Полученный сигнал преобразуется в хроматограмму и выводится на монитор компьютера.

При использовании детектора ионизации аргона нельзя обнаружить воду, четыреххлористый углерод, азот, кислород, углекислый газ, угарный газ, этан, или соединения, содержащие фтор. Пламенно- ионизационный детектор нечувствителен к воде, азоту, кислороду, углекислому газу, окиси углерода, гелию или аргону. Если образец содержит воду, то нужно использовать пламенно- ионизационный детектор. Детектора электронного захвата не может обнаружить простые углеводороды, но зато чувствителен к присутствию галоген-, азот- или фосфорсодержащих соединений.

Количество времени, в течение которого соединение находится в хроматографической колонке известно, как время удерживания[35]. Время удерживания должно измеряться от момента ввода образца в прибор до его выхода из колонки. Время удерживания может помочь различить некоторые соединения. Тем не менее, время удерживания не является надежным фактором для идентификации соединения. Если у двух образцов разные времена удерживания, то они имеют разный состав. Тем не менее, одинаковые времена удерживания для двух образцов указывают лишь на возможность того, что это образцы одного и того же вещества. Потенциально тысячи химических веществ могут иметь одно и то же время удерживания, форму пика и сигнал детектора.

Прежде чем анализировать образец, необходимо настроить и откалибровать прибор. Научная практика требует, чтобы было проведено сравнение хроматограммы газового хроматографа с хроматограммой стандартного образца наиболее подходящего вещества. Стандартный образец должен быть проанализирован с помощью того же прибора, в идентичных условиях, непосредственно перед и сразу после анализа неизвестного образца. Если эти три результирующих пика не совпадут, нельзя надежно идентифицировать образец на основе данных газовой хроматографии.

Количество вещества, достигающее детектора определяется по площади спектрального пика[36]. Чувствительность к соединениям и реакционная

способность разная для каждого типа детектора, поэтому существует расхождение в результатах, полученных с использованием разных детекторов. Следовательно, сравнением результатов анализов нельзя добиться полного определения образца.

Газохроматографический анализ отличается высокой надежностью, если прибор эксплуатируется надлежащим образом, правильно выполняются все процедуры и компетентно интерпретируются полученные результаты. Некоторые факторы редко влияют на газохроматографический анализ, в то время как другие абсолютно необходимы для использования надежных данных[37]. Во всех случаях необходимо исследовать стандартный образец, состав которого идентичен составу отобранного образца. Этот стандартный образец должен быть обработан до и после образца при тех же условиях. Любой пик образца, который не соответствует стандартному образцу, не дает требуемых результатов. Если для соответствующих условий существуют таблицы справочных данных, то данные, полученные для образца, должны им соответствовать.

Масс-спектрометрия

Масс-спектрометрия применяется в различных областях: для идентификации выхлопных газов двигателя, для анализов состояния крови в хирургии, для анализа нефтепродуктов[38]. Масс-спектрометрический анализ дает возможность определить точный состав веществ по схеме: передача электрического заряда молекулам пробы, ускорение молекул пробы при прохождении через магнитное поле, разбивание молекулы на заряженные частицы и определение заряда каждой частицы. Можно использовать масс-спектр соединения для качественной идентификации. Используются массы осколков, как кусочки головоломки, чтобы собрать воедино массу исходной молекулы, "родительскую массу." [39]

Исходя из молекулярной массы и массы фрагментов, данные сравниваются со справочными для идентификации образца. Масс-спектр каждого вещества

уникален. При условии, что при интерпретации выходного пика правильно была определена родительская масса, масс-спектроскопическая идентификации является окончательной.

Сегодня существует много различных типов масс-спектрометров, в каждом из которых используется различная аппаратура и способы получения масс-спектров. Описание процесса масс-спектроскопии в этой статье будет ограничено себя основным описанием обычных больших магнитных масс-спектрометров. Такой масс-спектрометр состоит из устройства ввода образца, источника ионизации, ускорителя молекул и детектора.

Для использования масс-спектрометрического метода анализа необходим газообразный образец, который помещается в устройство ввода пробы, где температура постоянна и равна примерно 400°C (752°F)[40]. Температуру поддерживают на таком уровне, чтобы образец оставался в газообразном состоянии. После образец идет в ионизационную камеру, где используется высокое напряжение для ускорения пучка электронов. В результате молекулы образца разрушаются в результате столкновения с электронами высоких напряжений и образуются фрагменты, которые имеют индивидуальный заряд и движутся, как отдельная частица.

Скорости заряженных частиц в камере ускорения возрастают за счет ускоряющего напряжения. Каждое значение напряжения ускоряет только частицы с определенной массой, чтобы те достигли детектора. Чтобы все частицы достигли детектора, необходимо изменять значение ускоряющего напряжения[41].

Масс-спектрометрический анализ дает полученные результаты в виде массива пиков на графике, называемом масс-спектр. Значение массы каждого фрагмента выражено отдельным пиком. С ростом числа идентифицированных фрагментов с одной и той же массой, увеличивается высота пика. По аналогии с детекторами в газо-хроматографическом анализе, высота пиков может быть различной, так как чувствительность детекторов разная.

Все соединения имеют при одинаковых условиях характерный масс-спектр. Определение вещества происходит сравнением спектров-образцов (спектры для известных соединений) с полученным масс-спектром. При измерении относительной интенсивности масс-спектров возможен количественный анализ[42].

Масс-спектр образца, как правило, отражает пик нефрагментированной молекулы самого большого осколка от «родительской массы». Родительская масса используется для собора фрагментов, исходя из других пиков в масс-спектрометрии, и отражает массу молекулы. Другие пики показывают структуру молекулы.

Самой трудной частью масс-спектрометрии является нахождение молекулярной массы образца. Если молекулярная масса правильно определена, то можно предположить, что образцы идентичны известным соединениям и затем нужно сравнить масс-спектры для доказательства. В настоящее время в спектральном анализе широко используют компьютеры для упрощения вычислений масс-спектров более крупных молекул, содержащих углерод.

Поиск правильного пика исходного соединения в масс-спектрах может быть очень сложным. Поиск этого пика помогает определить родительскую массу, что должно привести к определению молекулярной массы образца. Для соединений с высокой молекулярной массой, таких как наркотики и жидкости организма, родительский пик часто не наблюдается. Это затрудняет качественное определение. Особый тип масс- спектра, масс- спектр химической ионизации, снижает вероятность потери пика вещества с родительской массой.

Масс- спектрометрия отличается высокой надежностью, если прибор имеет достаточное разрешение и компетентно анализируются результаты. В то время как одни факторы мало влияют на масс- спектрометрию, другие крайне важны для использования надежных данных, полученных этим методом. В любом случае необходимо обработать стандартный образец того же состава, что и отобранный образец. Этот стандартный образец нужно исследовать при тех же условиях, и до, и после обработки собранных образцов. Любая

идентификация, проведенная на основе пиков исследуемых образцов, которые не совпадают с пиками стандартных образцов, не дает требуемых результатов.

Поскольку масс-спектрометрия очень чувствительный метод, следует позаботиться о том, чтобы в приборе не оставалось даже малейших следов предыдущего образца. Необходимо должен работать со спектром фона, то есть проводить анализ без образца, прежде чем анализировать исследуемый образец. Эта практика является единственным способом, по которому независимый аналитик может точно интерпретировать масс-спектр[43].

Если для соответствующих условий существуют таблицы справочных данных, то они должны соотноситься с экспериментальными данными. Несмотря на использование сложных инструментов, компьютеров и опытный персонал, всегда есть некоторые сомнения в выводах, основанных на интерпретации масс-спектров. В некоторых случаях две молекулы, отличающиеся только по структуре, могут быть разделены с помощью специальных инструментов и технологии.

Комбинация газовой хроматографии и масс-спектрометрии

Газовый хроматограф, как правило, является надежным аналитическим инструментом. Этот прибор эффективен для разделения соединений на различные составляющие компоненты. Тем не менее, его нельзя использовать для надежной идентификации конкретных веществ. Масс-спектрометр приводит конкретные результаты, но качественный анализ, проведенный с его помощью, неточен. Если аналитик использует газовый хроматограф для разделения соединений перед анализом с помощью масс-спектрометра, между ними появляется дополнительная зависимость. В данном методе открыт доступ к временам удерживания, полученным обоими методами, и масс спектральным и данным. Многие ученые считают хромато-масс-спектрометрию методом, убедительно доказывающим идентичность соединений.

Хромато-масс-спектрометрия, где поток частиц из газового хроматографа движется к масс-спектрометру, широко используется для подтверждения

тестирования веществ. Наркологическая экспертиза, контроль качества производства, а также экологическая экспертиза представляют собой лишь несколько типичных применений этого метода.

Некоторые проблемы с хромато- масс спектрометрией возникают, если газохроматографический анализ проводится в неподходящих условиях. Если газовый хроматограф не полностью разделяет образец на отдельные соединения, то в масс- спектрометр поступают не чистые вещества. Обычно это приводит к появлению фоновых "шумов" в масс-спектре[44]. Если газ-носитель в процессе газовой хроматографии отклоняется от правильного входа в масс-спектрометр, то тоже могут произойти подобные загрязнения.

Кроме того, результаты, полученные с помощью масс- спектрометрии, могут быть неточными из-за неправильной интерпретации масс-спектров. Аналитик должен соотнести компьютерные расчеты с условиями проведения опытов. Типичный банк памяти для масс- спектрометрической идентификации содержит около 5000 спектров для определенных групп соединений[45]. Даже если компетентный аналитик может найти убедительные результаты, указывающие на одно конкретное вещество из 5000 веществ, это не исключает остальные из более чем 200,000 известных существующих химических веществ. Для банка памяти, состоящего из 5000 спектров, типичный результат компьютерной идентификации ограничен шестью возможными результатами.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Характеристика объектов исследования

В качестве объектов исследования были выбраны пробы воды реки Малая Ича до и после нефтяного разлива, нефть Малоичского месторождения, а также чистый и нефтезагрязненный торф. В 2014 году были отобраны чистые образцы воды и торфяных отложений Малоичского месторождения. В 2016 году были взяты такие же пробы, загрязненные нефтью.

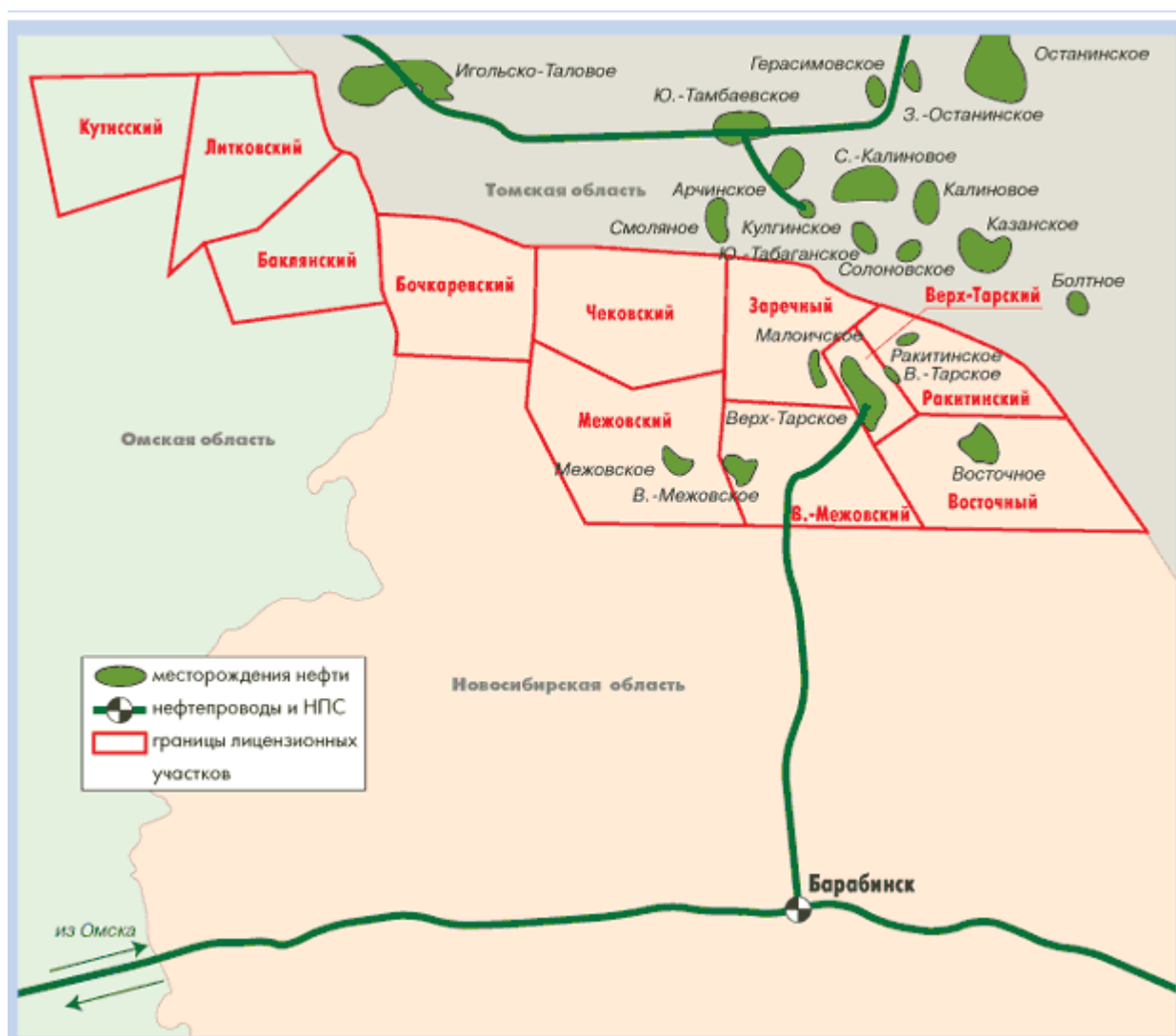


Рисунок 1 – Географическое расположение Малоичского месторождения

2.2 Методы исследования

2.2.1 Определение суммарного содержания углеводородов в воде и торфяных отложениях методом ИК-спектроскопии

Для определения суммарной концентрации углеводородов в пробах воды и торфяных отложениях был использован метод ИК спектроскопии как один из наиболее точных, экспрессных и информативных. Измерения проводили на ИК-Фурье спектрометре NICOLET 5700 (разрешение 4 см^{-1} , число сканов пробы - 64) в диапазоне $3100\text{--}2700\text{ см}^{-1}$, в кюветах из NaCl с толщиной поглощающего слоя 10 мм.

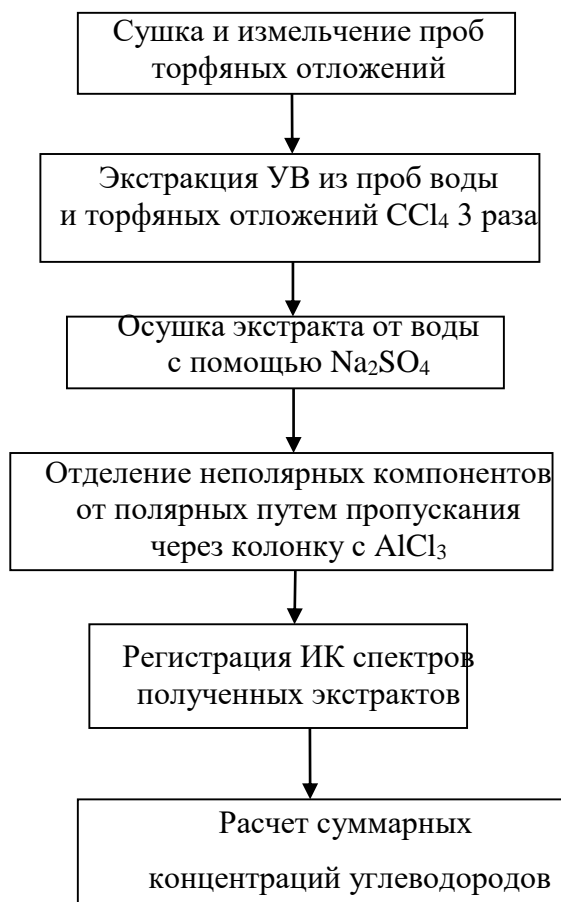


Рисунок 2 – Схема исследования

Определение суммарного содержания углеводородов в воде

1. 2 пробы воды объемом около 1 л были законсервированы 10 мл четыреххлористого углерода (CCl_4).

2. Измерили общий объем пробы воды с помощью мерного цилиндра, вылили ее в делительную воронку и измерили pH. Затем добавили к пробе 1 мл HCl и снова измерили pH. Для более полной экстракции углеводородов необходимо, чтобы pH было равно 3-4.
3. Интенсивно встряхивали смесь в течение 3 минут. После расслоения эмульсии нижний слой слили в стеклянный сосуд.
4. Добавили в делительную воронку еще 20 мл четыреххлористого углерода и повторили операцию встряхивания. После расслоения эмульсии нижний слой снова слили в тот же сосуд.
5. Для удаления воды, которая случайно могла попасть в сосуд при сливании слоя растворителя, внесли в экстракт на 30 минут безводный сульфат натрия, предварительно прокаленный при 110°C в течение 3 ч. Его количество зависит от толщины слоя воды над экстрактом – при внесении достаточного количества Na_2SO_4 раствор должен стать однородным.
6. После осушения пропустили экстракт через фильтр Шотта со слоем Na_2SO_4 для более полного удаления остатков воды.
7. Экстракцию нефтепродуктов и очистку экстракта от примесей полярных углеводородов провели одновременно в специально подготовленной хроматографической колонке. Для этого поместили в нее стеклянное волокно, промытое 2 раза в горячем хлороформе и высушенное, смочили его четыреххлористым углеродом и насыпали сорбент – оксид алюминия II степени активности. Перед использованием Al_2O_3 прокаливали в муфельной печи при 600°C в течение 4 часов, после чего добавили к нему дистиллированную воду (3% масс) и выдержали в течение суток при комнатной температуре.
8. В подготовленную колонку налили несколько мл четыреххлористого углерода для полного смачивания оксида алюминия. После его впитывания вылили в колонку экстракт несколькими порциями,

контролируя, чтобы уровень жидкости не опускался ниже слоя оксида алюминия.

9. По окончании элюирования измерили объем полученного элюата, залили его в кювету и установили в ИК-Фурье спектрометр NICOLET 5700

Определение содержания нефтепродуктов в торфяных отложениях

1. В хроматографическую колонку поместили навеску торфяных отложений массой от 3 до 5 г и залили ее 10-12 мл четыреххлористого углерода.

2. После прохождения растворителя через колонку измерили объем полученного элюата, залили его в кювету и установили в спектрометр. Обработку спектров проводили так же, как и для воды. Содержание нефтепродуктов в почве (г/кг) находили по формуле:

$$X = \frac{C_0 \times B}{V}, \text{ где}$$

C_0 – концентрация нефтепродуктов, найденная по калибровочному графику, мг/мл;

B – объем элюата;

V – объем пробы воды, мл.

Содержание нефтепродуктов в почве (г/кг) находили по формуле:

$$X = \frac{C_0 \times V}{m},$$

где C_0 - концентрация нефтепродуктов в пробе, найденная по калибровочному графику, мг/мл;

V - объем элюата, мл;

m – масса навески, г.

2.2.2 Определение группового и индивидуального состава органических соединений методом хромато-масс спектрометрии

Экстракцию углеводов из воды и торфяных отложений осуществляли хлороформом по 3 раза для каждой пробы, упаривали экстракт на роторном испарителе и затем осуществляли ввод в хроматограф.

Липиды были сконцентрированы путем экстракции 7% раствором метанола в хлороформе при 60°C. Режим работы хроматографа: кварцевая капиллярная хроматографическая колонка фирмы “Thermo Scientific” с внутренним диаметром 0.25 мм, длиной 30 м, толщина фазы 0.25 мкм, неподвижная фаза – TR-5MS; газ-носитель – гелий, температура испарителя 250°C, температура интерфейса 250°C; программа нагрева термостата хроматографа: $t_{\text{нач}}=80^\circ\text{C}$, изотерма в течение 2 минут, затем нагрев со скоростью 4 град/мин. до $t_{\text{макс}}=300^\circ\text{C}$. Режим работы масс-спектрометра: метод ионизации – электронный удар; энергия ионизирующих электронов – 70 эВ; температура ионизационной камеры – 250°C; диапазон регистрируемых масс – 50-500 а.е.м.; длительность развертки спектра – 1 сек.

Обработку хроматограмм проводили с помощью программы X-Calibur 10. Концентрации индивидуальных соединений в донных отложениях и воде рассчитывали по формулам (9) и (10) соответственно:

$$C_x = \frac{S_x \times V_{\text{введ}}}{S_{\text{ст}} \times m_{\text{нав}}} \quad (9), \quad C_x = \frac{S_x \times V_{\text{введ}}}{S_{\text{ст}} \times V_{\text{пробы}}} \quad (10), \text{ где}$$

S_x – площадь пика компонента x на хроматограмме,

$V_{\text{введ}}$ – объем экстракта, введенный в испаритель хроматографа (мкл),

$S_{\text{ст}}$ – площадь пика стандарта на хроматограмме,

$m_{\text{нав}}$ – масса навески донных отложений для экстракции (г),

$V_{\text{пробы}}$ – объем пробы воды (л).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДЗБ	Переседовой Александре Валерьевне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НИИ 102781,3 тыс. руб.; Размер оклада руководителя проекта 43340 руб.; Размер стипендии дипломника 2700 руб.;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициент выполнения нормы = 1; Число календарных дней в году – 365; Продолжительность выполнения проекта – 4 месяца; Дополнительная заработная плата – 15% от основной; Накладные расходы - 16% от суммы всех расходов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Тариф страховых взносов – 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Построение оценочной карты для сравнения конкурентных разработок
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет материальных затрат на ПО, заработную плату, дополнительные расходные материалы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ
5. Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗБ	Переседова А.В.		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Одними из наиболее опасных трансформеров биосферы считаются полициклоароматические углеводороды (ПАУ) – это органические вещества, образованные конденсированными замещенными или незамещенными бензольными кольцами. Эти соединения характеризуются устойчивостью в компонентах среды, особенно в почвах, и высокой способностью к сорбции, а также низкой растворимостью в воде[46].

Методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии в исследованных образцах были рассчитаны концентрации н-алканов и ПАУ. В составе ПАУ были идентифицированы бициклические производные нафталина, трициклические производные фенантрена, а также тетрациклические флуорантен и пирен[47].

Наиболее важными классами определяемых соединений являются нефтепродукты, диоксины, полихлорированные бифенилы, амины, хлорированные углеводороды, металлоорганические соединения, полициклические ароматические углеводороды и пестициды.

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

продукт: Вода реки Малая Ича до и после нефтяного разлива, а также чистый и нефтезагрязненный торф.

целевой рынок: предприятие теплоэнергетики ТДК-11.

3.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В таблице 9 представлена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 9

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	3	1,2	1,5	0,9
2. Качество продукта	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
3. Энергоемкость процессов	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Цена	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Финансирование научной разработки	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Итого	1						

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – МУП «Горводоканал» г. Новосибирск

Б_{к2} – МУП «Водоканал» г. Иркутска

3.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 10.

Таблица 10

Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Обеспечивает необходимое качество подготовки воды С2.Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области. С3.Создана система выживаемости и самообслуживания на неразвитом рынке сервисных услуг. С4. Наличие у Водоканала истории, связанной с развитием города.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Значительный износ сетей и сооружений. Сл2.Устаревшее оборудование. Сл3.Высокая степень износа оборудования. Сл4. Низкий уровень оплаты труда и отсутствие мотивации в эффективном управлении.
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление спроса на данный вид исследования В3.Появление потенциального спроса на новые	Простота применения и адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров. Кроме того, унифицированность и адекватность разработки может уменьшить конкурентноспособность других разработок.	Инновационные инфраструктуры ТПУ и ТДК-11 могут оказать помощь в финансировании проекта. При снижении конкурентоспособности подобных разработок и при появлении спроса на новые может появиться возможность использования данной НИР в компаниях

разработки В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок		используемых традиционные методы переработки нефти.
Угрозы: У1. При отсутствии сервисного договора сильное влияние неформальных отношений. У2. Повышение требований к качеству продукции. У3. Несвоевременные поставки сырья и оборудования. У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации	В силу того, что в данной разработке используется более новая информация наряду со старой, то это может повысить спрос и конкуренцию разработки. В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация.	Отсутствие прототипа научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии конкуренции проекта. Несвоевременное финансирование научного исследования приведет к невозможности получения сертификации.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в табл. 11

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	-	+
	B3	+	+	+	-
	B4	+	+	+	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	+	0	-
	У2	+	+	+	+
	У3	-	-	-	0
	У4	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	0	+
	B3	+	+	+	0
	B4	+	+	-	-
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	0
	У2	0	+	0	-
	У3	-	0	-	-
	У4	-	+	-	+

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: B2B3C2C3.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 12).

Таблица 12

SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Обеспечивает необходимое качество подготовки воды	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Значительный износ сетей и сооружений. Сл2.Устаревшее оборудование. Сл3.Высокая степень износа оборудования.
--	---	--

	<p>С2.Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.</p> <p>С3.Создана система выживаемости и самообслуживания на неразвитом рынке сервисных услуг.</p> <p>С4. Наличие у Водоканала истории, связанной с развитием города.</p>	<p>Сл4. Низкий уровень оплаты труда и отсутствие мотивации в эффективном управлении.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление спроса на данный вид исследования</p> <p>В3.Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок</p>	<p>Простота применения, адекватность разработки, использование более свежей информации в проекте увеличит спрос и конкурентоспособность НИР (В3В4С1С2С3). При подключении в работу инновационных структур уменьшается время разработки и появляются дополнительные денежные средства(В1В2С4).</p>	<p>Помощь в финансировании проекта и его сертификации могут оказать инновационные инфраструктуры(В1В2Сл2Сл4) Необходимо снизить конкурентоспособность подобных разработок и расширить использование данной НИР во многих компаниях (В3В4Сл1Сл3).</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1.При отсутствии сервисного договора сильное влияние неформальных отношений.</p> <p>У2.Повышение требований к качеству продукции.</p> <p>У3.Несвоевременные поставки сырья и оборудования.</p>	<p>Использование более новой информации, простота и адекватность математической модели позволяют повысить спрос и конкуренцию разработки, что уменьшает влияние финансирования (С1С2С3У1У2У4).</p>	<p>Отсутствие прототипа, сертификации научной разработки, невозможность использования в компаниях с традиционными методами обработки нефти приведет к отсутствию спроса и отсутствию конкуренции проекта (У1У2Сл1Сл2Сл3), а отсутствие финансирования приведет к невозможности получения сертификации</p>

У4.Введение дополнительных государственных требований к сертификации	В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (У3С4).	(У3Сл4).
--	--	----------

3.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения)[48]. Степень готовности научной разработки к коммерциализации и уровень собственных знаний для ее проведения заполняется в специальной форме (таблица 13).

Таблица 13

Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3

8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	36	36

По результатам оценки можно сказать, что данная разработка считается средней перспективности.

3.2. Инициация проекта

Группа процессов инициализации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются начальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы[49]. Заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта указаны в таблице 14.

Таблица 14

Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТДК-11	Результаты содержания углеводородов в воде

В таблице 15 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 15

Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследования речной воды, на содержание углеводов
Ожидаемые результаты проекта:	Получение результатов по работе со спектрофотометром
Критерии приемки результата проекта:	Адекватность результатов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Стандартизация готового продукта

3.2.1. Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Эта информация представлена в таблице 16.

Таблица 16

Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Дучко Мария Александровна, НИ ТПУ,	Руководитель	Координация деятельности проекта	250

	кафедра ХТТ и ХК.			
2	Переседова Александра Валерьевна, НИ ТПУ, кафедра ХТТ и ХК, студент	Исполнитель	Выполнение ВКР	620
ИТОГО:				870

3.2.2. Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 17).

Таблица 17

Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	7684220,8 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ТДК-11
3.2. Сроки проекта:	11.01.17-25.05.17
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	11.01.17
3.2.2. Дата завершения проекта	25.05.17

3.3. Планирование управления научно-техническим проектом

3.3.1. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представлен в виде таблицы (таблица 18).

Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы, составление литературного обзора	40	11.01.17	29.02.17	Переседова Александра Валерьевна
Расчет на математической модели	31	01.03.17	31.03.17	Переседова Александра Валерьевна
Обсуждение полученных результатов	14	01.04.17	15.04.17	Переседова Александра Валерьевна Дучко Мария Александровна
Оформление выводов	18	20.04.17	02.05.17	Переседова Александра Валерьевна Дучко Мария Александровна
Оформление пояснительной записки	21	03.05.17	24.05.17	Переседова Александра Валерьевна Дучко Мария Александровна
Итого:	124	11.01.17	25.05.17	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 19).

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполните ли	Т _к , ка л,д н.	Продолжительность выполнения работ														
			январь		февр			март			апрел ь			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Изучение литературы, составление литературного обзора	Студент	40															
Расчет на математическо й модели	Студент	31															
Обсуждение полученных результатов	Студент, руководит ель	14															
Оформление выводов	Студент, руководит ель	18															
Оформление пояснительной записки	Студент, руководит ель	21															

3.3.2. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице (таблица 20).

***Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты
(за вычетом отходов)***

Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям					
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1) 1477,8	7 604 244,2	57800,9	4853,7	15884,2	7684220,8
2) 1947,7	7 604 244,2	57800,9	4853,7	15884,2	7684670,7
3) 1233,7	7 604 244,2	57800,9	4853,7	15884,2	7683996,7

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Результаты по данной статье указаны в таблице 21.

Таблица 21

Материальные затраты

Наименование	Ед.изм.	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		ООО «Томскводоканал»	Аналог 1	Аналог 2	ООО «Томскводоканал»	Аналог 1	Аналог 2	ООО «Томскводоканал»	Аналог 1	Аналог 2
CCl ₄	дм ³	0,6	0,8	0,5	1925	1925	1925	1155	1540	962,5
CHCl ₃	дм ³	1,6	1,9	1,4	183	183	183	292,8	347,7	256,2
Al ₂ O ₃	кг	0,1	0,2	0,05	300	300	300	30	60	15
Итого:								1477,8	1947,7	1233,7

Аналог 1 – МУП «Горводоканал» г. Новосибирск;

Аналог 2 – МУП «Водоканал» г. Иркутска.

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 22). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 22

Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, т.руб.	Сумма амортизационных отчислений, т.руб.
1.	спектрометре NICOLET 5700	1	7 604 244,21	1140636,6
Итого			7 604 244,21	1140636,6

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводим в таблицу 23.

Таблица 23

Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _p	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _p , раб.дн.	З _{осн} , руб.
-------------	--------------------------	----------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------------------

Руководитель	14584,3	1,3	18959,6	631,9	64	40447,2
Студент	2500				88	12500

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от **предприятия** (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 13);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.(таблица 24).

Таблица 24

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	136	136
Количество нерабочих дней	42	42
- выходные дни	6	6
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	64	88

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплат;.

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 25 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 25

Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	40447,2	12500
Дополнительная зарплата	4853,7	-
Итого по статье $C_{зп}$	45300,9	12500

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5)$$

где $k_{\text{внеб}} = 30\%$ коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 26

Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Магистрант
Зарплата	40447,2	12500
Отчисления на социальные нужды	12134,2	3750

3.3.3. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (таблица 27).

Таблица 27

Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора	Низкая	Средняя	Высокая

времени (обязательства по срокам завершения работ)			
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта наиболее выгодной является проектная структура.

3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

3.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования (таблица 28). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Таблица 28

Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	1947,7	7 604 244,2	57800,9	15884,2	7684670,7
2	1233,7	7 604 244,2	57800,9	15884,2	7683996,7

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{7684220,8}{7684670,7} = 0,99$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{7684670,7}{7684670,7} = 1$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{7683996,7}{7684670,7} = 0,99$$

где I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad (11)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (12)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 29.

Таблица 29

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3

3. Надежность	0,20	5	5	4
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	3,5

Аналог 1 – МУП «Горводоканал» г. Новосибирск;

Аналог 2 – МУП «Водоканал» г. Иркутска.

$$I_m^p = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,6, \quad (13)$$

$$I_1^A = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 4,5, \quad (14)$$

$$I_2^A = 3 \times 0,25 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 3,8, \quad (15)$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,6}{0,99} = 4,65$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_\phi^{a1}} = \frac{4,5}{1,00} = 4,5$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,8}{0,99} = 3,84$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a1}} = \frac{4,65}{4,5} = 1,03$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a2}} = \frac{4,65}{3,84} = 1,21$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{m\varnothing}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{m\varnothing}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 30

Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Разработка	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,6	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,65	3,84
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,03	1,21	

Аналог 1 – МУП «Горводоканал» г. Новосибирск;

Аналог 2 – МУП «Водоканал» г. Иркутска.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод: в ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций можно сделать вывод, что оптимальным считается вариант исполнения 1.